

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-148640

(43) 公開日 平成9年(1997)6月6日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	41/083		H 0 1 L 41/08	Q
H 0 2 N	2/00		H 0 2 N 2/00	B

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全5頁)

(21) 出願番号	特願平7-308726
(22) 出願日	平成7年(1995)11月28日

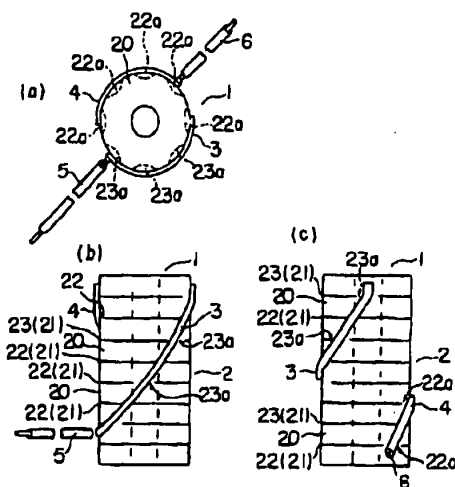
(71) 出願人	000134257 株式会社トーキン 宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号
(72) 発明者	佐藤 浩文 宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号 株式会社トーキン内
(74) 代理人	弁理士 後藤 洋介 (外3名)

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 駆動の際に圧電セラミックの変位面の全面に均一な変位を得ることが可能な積層型圧電アクチュエータを提供する事。

【解決手段】 圧電セラミック20を挟んで対向する第1側及び第2側内部電極22、23を有し、第1側内部電極22は第1側外部電極3に接続され且つ第2側外部電極4との接触を避ける切欠き部22aを有し、第2側内部電極23は第2側外部電極4に接続され且つ第1側外部電極3との接触を避ける切欠き部23aを有し、第1側及び第2側内部電極22、23の切欠き部22a、23aの全てを、積層体2の積層方向に沿って同一平面上に投影した場合に、これらの切欠き部22a、23aが圧電セラミック20の外周部に均等に分布するように配置されており、これらの切欠き部22a、23aに対応させて第1側及び第2側外部電極3、4が形成されていることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電セラミックと電極層とを交互に積層して成る積層体と、該積層体の外周面に形成された第1側及び第2側外部電極とを含み、前記電極層は、前記圧電セラミックを挟んで対向する第1側内部電極及び第2側内部電極から成り、前記第1側内部電極は、前記第1側外部電極に接続されると共に前記第2側外部電極との接触を避けるための切欠き部を有し、前記第2側内部電極は、前記第2側外部電極に接続されると共に前記第1側外部電極との接触を避けるための切欠き部を有している積層型圧電アクチュエータにおいて、前記第1側及び第2側内部電極の切欠き部の全てを、前記積層体の積層方向に沿って同一平面上に投影した場合に、これらの切欠き部が前記圧電セラミックの外周部に均等に分布するように配置されており、これらの切欠き部に対応させて前記第1側及び第2側外部電極が形成されていることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】 請求項1記載の積層型圧電アクチュエータにおいて、前記積層体が円筒状又は円柱状であることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項3】 請求項2記載の積層型圧電アクチュエータにおいて、前記第1側及び第2側内部電極の積層数をNとした場合に、前記積層体の軸線を中心にして、 $180^\circ/N$ づつ前記切欠き部がずれるように前記第1側及び第2側内部電極がそれぞれ積層されていることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電効果を利用して電気的入力エネルギーを変位や力の機械エネルギーに変換する積層型圧電アクチュエータに属し、更に詳しくは、駆動寿命性能の高い積層型圧電アクチュエータの構造に属する。

【0002】

【従来の技術】従来の積層型圧電アクチュエータには、圧電セラミックと電極層とを交互に積層して成る積層体と、該積層体の外周面に形成された第1側及び第2側外部電極とを含み、前記電極層は、前記圧電セラミックを挟んで対向する第1側内部電極及び第2側内部電極から成り、前記第1側内部電極は、前記第1側外部電極に接続されると共に前記第2側外部電極との接触を避けるための切欠き部を有し、前記第2側内部電極は、前記第2側外部電極に接続されると共に前記第1側外部電極との接触を避けるための切欠き部を有しているものがある。従来のこの種の積層型圧電アクチュエータは、一般的に円筒状或いは円柱状に形成されている。

【0003】この種の積層型圧電アクチュエータは、電界誘起歪が大きく且つ高速応答性を有する。この為この種の積層型圧電アクチュエータは、プリンタヘッド、ボジショナー、バルブ、リレー等の駆動源として利用され

るようになった。

【0004】図4は従来の積層型圧電アクチュエータの一例を示し、(a)は平面図、(b)は正面図、(c)は側面図である。図4を参照して、従来の積層型圧電アクチュエータについて更に具体的に説明する。

【0005】図4に示す様に、従来の積層型圧電アクチュエータは、対向する第1側及び第2側内部電極22、23が、積層体2の外周面で露出する構造と成っている。この露出した第1側及び第2側内部電極22、23は、積層体2の外周面に形成された1対の第1側及び第2側外部電極3、4にそれぞれ電気的に接続され、それと共に、第1側内部電極22は第2側外部電極4に、第2側内部電極23は第1側外部電極3にそれぞれ接触しないようにするために、言い換えれば、第1側及び第2側内部電極22、23の一部が積層体2の外周面で露出しないようにするために、第1側及び第2側内部電極22、23には、切欠き部22a、23aが形成されている。

【0006】そして、第1側及び第2側外部電極3、4にそれぞれ外部接続用のリード線5、6を接続することで積層型圧電アクチュエータが構成されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この従来の積層型圧電アクチュエータにおいては、内部電極の切欠き部に隣接する圧電セラミックの部分は、積層型圧電アクチュエータに電圧を印加しても変位せず、圧電的に不活性な部分と成っており、しかも、従来では、内部電極の切欠き部が、積層体の積層方向に沿って一列に並んでいる。このため、従来の積層型圧電アクチュエータでは、圧電セラミック層の全面において均一な変位量を得ることができないと言った問題がある。また、圧電セラミックの不活性な部分との境界部には応力が生じ、甚だしくはこの境界部で破損する危険性がある。

【0008】それ故に、本発明の技術的課題は、駆動の際に圧電セラミックの変位面の全面に均一な変位を得ることが可能な積層型圧電アクチュエータを提供する事にある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、圧電セラミックと電極層とを交互に積層して成る積層体と、該積層体の外周面に形成された第1側及び第2側外部電極とを含み、前記電極層は、前記圧電セラミックを挟んで対向する第1側内部電極及び第2側内部電極から成り、前記第1側内部電極は、前記第1側外部電極に接続されると共に前記第2側外部電極との接触を避けるための切欠き部を有し、前記第2側内部電極は、前記第2側外部電極に接続されると共に前記第1側外部電極との接触を避けるための切欠き部を有している積層型圧電アクチュエータにおいて、前記第1側及び第2側内部電極の切欠き部の全てを、前記積層体の積層方向に沿って同一平面

3

上に投影した場合に、これらの切欠き部が前記圧電セラミックの外周部に均等に分布するように配置されており、これらの切欠き部に対応させて前記第1側及び第2側外部電極が形成されていることを特徴とする積層型圧電アクチュエータが得られる。

【0010】また、本発明によれば、上記の積層型圧電アクチュエータにおいて、前記積層体が円筒状又は円柱状であることを特徴とする積層型圧電アクチュエータが得られる。

【0011】更に、本発明によれば、上記の積層型圧電アクチュエータにおいて、前記第1側及び第2側内部電極の積層数をNとした場合に、前記積層体の軸線を中心にして、 $180^\circ/N$ づつ前記切欠き部がずれるように前記第1側及び第2側内部電極がそれぞれ積層されていることを特徴とする積層型圧電アクチュエータが得られる。

【0012】

【作用】圧電的に不活性な部分（電圧を加えても変位しない部分）を変位面の略全面に振り分けることにより、変位面の変位バラツキが少なくなり、積層型圧電アクチュエータの内部への部分的な応力集中が取り除かれ、これにより積層型圧電アクチュエータの駆動信頼性が向上する。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施形態による積層型圧電アクチュエータを示し、(a)は平面図、(b)は正面図、(c)は側面図であり、図2は図1に示す積層型圧電アクチュエータの要部を示し、(a)は平面図、(b)は正面図である。

【0014】図1及び図2を参照して、本実施形態の積層型圧電アクチュエータ1は、積層体2と、第1側及び第2側外部電極3、4とを有している。

【0015】積層体2は、圧電セラミック20と、電極層21とを交互に積層して成る。この電極層21には、第1側内部電極22と、第2側内部電極23とがある。これらの内部電極22、23は、圧電セラミック20を挟んで対向し、対向電極を成している。本実施形態の場合、圧電セラミック20は、略リング状に形成され、第1及び第2側内部電極22、23は、圧電セラミック20と略同形状に形成されている。従って、これら圧電セラミック20と、第1側及び第2側内部電極22、23とを積層して成る積層体2は、略筒状に成っている。

【0016】第1側内部電極22は、積層体2の外周面において、第1側外部電極3に接続されている。また、第1側内部電極22は、その外周縁部に切欠き部22aを有している。この切欠き部22aは、積層体2の外周面において、第2側外部電極4との接触を避けるためのものである。

【0017】第2側内部電極23は、積層体2の外周面において、第2側外部電極4に接続されている。また、

4

第2側内部電極23は、その外周縁部に切欠き部23aを有している。この切欠き部23aは、積層体2の外周面において、第1側外部電極3との接触を避けるためのものである。

【0018】上述の第1側及び第2側内部電極22、23に形成された切欠き部22a、23aは、これらの切欠き部22a、23aの全てを、積層体2の積層方向に沿って同一平面上に投影した場合に、図1(a)から明らかな様に、これらの切欠き部22a、23aが、圧電セラミック20の外周部に均等に分布するように配置されている。この様に、切欠き部22a、23aを均等に分布させるには、積層体2の積層方向で、切欠き部22a、23aを少しづつずらすれば良い。このずらし方は、第1側及び第2側内部電極22、23の積層数をNとした場合、 $180^\circ/N$ づつずらすと良い。本実施形態の場合、第1側及び第2側内部電極22、23は、4層づつ積層してあるので、切欠き部22a、23aを、 $180^\circ/4$ 、即ち、 45° づつずらすと良い。

【0019】第1側及び第2側外部電極3、4は、積層体2の外周面に形成されている。上述の様に、第1側外部電極3は、積層体2の外周面で第1側内部電極22に接続されている。これと同時に、第1側外部電極3は、第2側内部電極23との接触を避けるために、積層体2の外周面において第2側内部電極23の切欠き部23aの所を通過するように、螺旋状に形成されている。第2側外部電極4は、第1側外部電極3と同様に、積層体2の外周面で第2側内部電極23に接続されており、これと同時に、第1側内部電極22との接触を避けるために、積層体2の外周面において第1側内部電極22の切欠き部22aの所を通過するように、螺旋状に形成されている。第1側及び第2側外部電極3、4の下端部は、積層体2の外周面において、それぞれ外部接続端子5、6に接続されている。

【0020】尚、本実施形態の場合、積層体2の形状は、円筒状に形成されているが、積層体の形状は、特に限定されず、角筒状、円柱状、角柱状等であっても構わない。

【0021】本実施形態の積層型圧電アクチュエータ1は、以下の様にして製造した。

【0022】先ず、チタン酸・ジルコン酸・鉛系圧電セラミックを出発原料として、厚膜積層法により外径13.6mm、内径10mmの圧電セラミックグリーンシートを作成した。

【0023】内部電極22、23の材料として銀-パラジウム合金を用い、この内部電極22、23を、図2に示すように、圧電セラミック20上に115 μ m間隔にて積層し、この際に1層おきに内部電極22、23の切欠き部22a、23aが対向するように積層されている。内部電極22、23の積層は、同極側において、切欠き部22a、23aをそれぞれ内部電極22、23の

DETAILED ACTION

Claim Rejections - 35 USC § 102

1. The following is a quotation of the appropriate paragraphs of 35 U.S.C. 102 that form the basis for the rejections under this section made in this Office action:

A person shall be entitled to a patent unless –

(b) the invention was patented or described in a printed publication in this or a foreign country or in public use or on sale in this country, more than one year prior to the date of application for patent in the United States.

Claims 20-22 and 25-29 rejected under 35 U.S.C. 102b) as being anticipated by Shuichi (JP06310278).

Shuichi disclose in figs. 1-6 a Piezoceramic multi-layer actuator (fig.1) with alternating internal electrodes led to the surfaces of the actuator (3a, 3b) and inactive regions (9) assigned to them, with the internal electrodes of the same polarity being connected by their contact surfaces (Peripheral face) to form a parallel circuit to corresponding external electrode (6,7) in each case, and the external electrode being arranged on opposing sides of the actuator, ~~characterized in that~~ ^{wherein} the contact surfaces (17), and therefore the inactive regions (9) assigned to them of one or a predetermined number of internal electrode of the same polarity arranged above one another in the same direction, are arranged offset one another by a predetermined angle of the value α with respect to the contact surfaces, therefore the inactive regions assigned to these, of the preceding internal electrode or a predetermined number of preceding same ~~same polarity~~ ^{wherein} internal electrode of the same alignment. ~~Characterized in that~~ the offset is such a size as a multiple of the predetermined angle, according to the predetermine height (see fig.1), therefore the predetermine layers, consisting of a layer of piezoelectric ceramic

Art Unit: 2834

material (2) with internal electrodes located thereon, that at least the contact surfaces of the first and last of the internal electrodes of the same polarity in this range, no longer overlap. Shuichi also discloses the piezoelectric ceramic material with internal electrodes so large that the inactive regions (9) of the first and last of the internal electrodes of the same polarity in this region no longer overlap. Wherein, the offset is reversed in the opposite direction in each case after the completion of one region or several regions, so that a wave-shaped run of the offset is produce and the head and foot region having internal electrodes spacing increases from electrode to electrode towards the respective actuator (fig.2). Suichi also discloses, the cross section of the actuator as a square, circular and a rectangle. Wherein, the external electrodes (6,7) have a helical run at the connection of the contact surface of the internal electrodes with the same polarity with a constant running offset of the contact surfaces (see figs. 1-5).

Claim Rejections - 35 USC § 103

2. The following is a quotation of 35 U.S.C. 103(a) which forms the basis for all obviousness rejections set forth in this Office action:

(a) A patent may not be obtained though the invention is not identically disclosed or described as set forth in section 102 of this title, if the differences between the subject matter sought to be patented and the prior art are such that the subject matter as a whole would have been obvious at the time the invention was made to a person having ordinary skill in the art to which said subject matter pertains. Patentability shall not be negated by the manner in which the invention was made.

Claims 23-24,30-38 rejected under 35 U.S.C. 103(a) as being unpatentable over Shuichi in view of Hirofumi (JP09148640).

Shuichi disclose substantially disclose the claim invention as seen above. However, Shuichi does not disclose, a borehole along the longitudinal axis of the actuator and pocket holes provided at the ends.

Art Unit: 2834

Hirofumi discloses in figs. 1-4 a piezoelectric electric actuator comprising: a Piezoceramic multi-layer actuator (fig. 1) with alternating internal electrodes led to the surfaces of the actuator (22,23) and inactive regions assigned to them, with the internal electrodes of the same polarity being connected by their contact surfaces (Peripheral face) to form a parallel circuit to corresponding external electrode (3,4) in each case wherein, a bore hole (B) is disclosed along the longitudinal axis of the actuator and pocket holes provide at the ends (22a,23a) for the purpose of connecting the external electrodes to the actuator. Therefore, it would have been obvious to one having ordinary skill in the art at the time the invention was made to modify the actuator of Shuichi with the teaching of Hirofumi actuator having a bore for the purpose of provided a laminated piezoelectric actuator which is uniform in displacement through all the displacement surface of it's piezoelectric ceramic at driving.

It also would have been obvious to one having ordinary skill in the art at the time the invention was made to select a region or a range in which the internal electrodes are offset 1mm to 3mm or 0.5mm to 3mm, since it has been held that where the general condition of a claim are disclose in the prior art, discovering the optimum or workable ranges involves only routine skill in the art, *In re Aller*, 105 USPQ233

Referring to claims 35-38, no patentable weight has been given to the method of manufacturing limitations (i. e. co-aligning contact surfaces for internal and external electrodes, sintering the green film of the actuator subsequent to shaping the actuator) since "even though product-by-process claims are limited by and defined by the process, determination of patentability is based on the product itself. The patentability of

中心点を中心にして45°づつずらしながら積層してある。ここで、全ての内部電極積層数は8層であるが、同一極側では4層となるため、上述の如く、180°/4、即ち45°づつずらすようにした。

【0024】次に、このようにして得られた高さ13.5mmの積層体2の外周面に外部電極3、4を形成する。この際、積層体2の外周面において、外部電極3は切欠き部23aを、外部電極4は切欠き部22aをそれぞれ通るように、螺旋状に形成してある。最後に、外部電極3、4の下端部に、それぞれ外部接続用のリード線5、6を接続した。

*【0025】以上の様にして作成した本実施形態の円筒積層型圧電アクチュエータ1の変位面での変位量のバラツキを調査するために、この圧電アクチュエータ1にDC100Vの電圧を印加し、図3に示す部分(A~H)の変位量を測定した。比較のため図5に示す従来の円筒積層型圧電アクチュエータ1の変位量のバラツキも調査した(部位A'~H')。結果を表1に示す。

【0026】結果は試料数各10個の平均である。

【0027】

【表1】

($\mu\text{m}/\text{DC}100\text{V}$)

変位測定点	A、A'	B、B'	C、C'	D、D'	E、E'	F、F'	G、G'	H、H'
本発明の アクチュエータ	変位量 σ	10.5 0.18	10.7 0.16	10.8 0.15	10.4 0.17	10.4 0.19	10.8 0.18	10.8 0.16
従来工法の アクチュエータ	変位量 σ	6.8 0.56	8.7 0.33	9.9 0.19	8.5 0.21	7.2 0.41	8.5 0.34	8.8 0.28

【0028】表1より明らかな様に、従来の積層型圧電アクチュエータでは、変位面上で変位量にバラツキが大きい。これに対し、本実施形態の積層型圧電アクチュエータでは、変位量のバラツキが少なくなっており、従来の積層型圧電アクチュエータに比べて変位特性が格段に優れている事が分かる。

※【0029】また、表2はDC0~100Vp-p×48Hz×30Hzでの本実施形態の積層型圧電アクチュエータと従来の積層型圧電アクチュエータとの不良発生率を記載したものである。試験数量は各20個である。

【0030】

【表2】

※ DC0~100Vp-p×48Hz×30Hz後の特性不良率

項目	不良率 (%)
本発明のアクチュエータ	5
従来工法のアクチュエータ	15

【0031】表2より明らかな様に、従来の積層型圧電アクチュエータでは、15%の不良率であるのに対して、本実施形態の積層型圧電アクチュエータでは5%と不良発生率が低くなっている。

【0032】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の積層型圧電アクチュエータは、製品変位面での変位バラツキが少なく、より信頼性の高い積層型圧電アクチュエータの提供が可能となり、応用分野の拡大がはかれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の一実施形態による積層型圧電アクチュエータを示し、(a)は平面図、(b)は正面図、(c)は側面図である。

【図2】図2は図1に示す積層型圧電アクチュエータの要部を示し、(a)は平面図、(b)は正面図である。★50

★【図3】図1に示す積層型圧電アクチュエータの変位測定点を示す斜視図である。

【図4】図4は従来の積層型圧電アクチュエータの一例を示し、(a)は平面図、(b)は正面図、(c)は側面図である。

【図5】図4に示す積層型圧電アクチュエータの変位測定点を示す斜視図である。

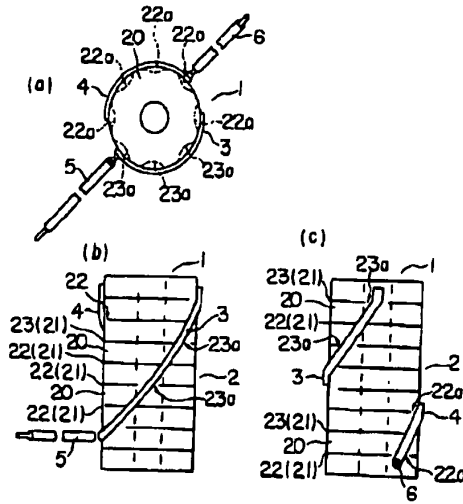
【符号の説明】

- 1 積層型圧電アクチュエータ
- 2 積層体
- 3 第1側外部電極
- 4 第2側外部電極
- 20 圧電セラミック
- 21 電極層
- 22 第1側内部電極

22a 切欠き部
23 第2側内部電極

7

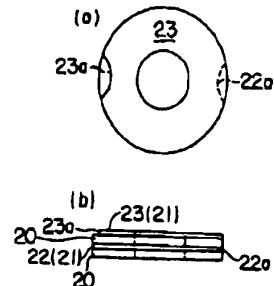
【図1】



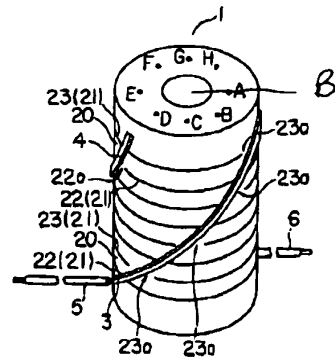
23a 切欠き部

8

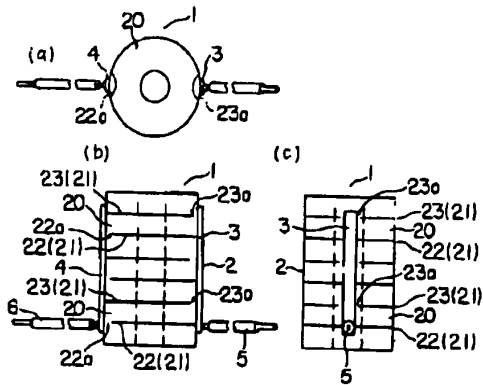
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

